

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-204662

(43)Date of publication of application : 14.08.1990

(51)Int.Cl.

F02D 45/00
F02P 5/15

(21)Application number : 01-022647

(71)Applicant : MITSUBISHI MOTORS CORP

(22)Date of filing : 02.02.1989

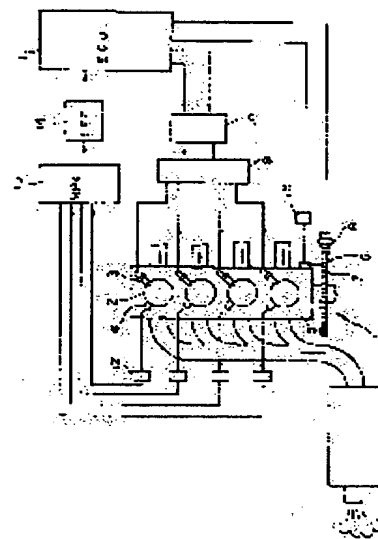
(72)Inventor : ISHIDA TETSURO
DANNO YOSHIRO
TOGAI KAZUHIDE
ANDO HIROMITSU
MITSUHASHI DAISUKE

(54) COMBUSTION CONTROLLER FOR SPARK-IGNITION INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(57)Abstract:

PURPOSE: To obviate the occurrence of knocking by judging a combustion state from a direct phenomenon of combustion such as a heat generating rate or a physical quantity being correlated with this heat generating rate, and making it go hand in hand with ignition timing control.

CONSTITUTION: An electronic control unit 11 operates a changed state of heat generating rate on the basis of each signal out of a cylinder internal pressure sensor 4 and a crank angle sensor 8, comparing this changed state with that just before knocking occurrence being found and stored by tests or the like in advance, and if it is in a state of being just before the knocking occurrence, a proper timing delay of ignition timing is performed, and optimum combustion control takes place within an unknocking range. In parallel with this combustion control, a knocking state is monitored by a G sensor, and when the knocking occurrence is actually detected, the combustion control based on the heat generating rate is interrupted, and the ignition timing is quickly delayed as much as the specified value. Thus an engine is protectable at a high level from the knocking.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

⑫ 公開特許公報(A)

平2-204662

⑬ Int. Cl.⁹

F 02 D 45/00

F 02 P 5/15

識別記号

3 6 8 Z

D

D

庁内整理番号

8109-3G

8109-3G

7825-3G

⑭ 公開 平成2年(1990)8月14日

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全9頁)

⑮ 発明の名称 火花点火内燃機関の燃焼制御装置

⑯ 特 願 平1-22647

⑰ 出 願 平1(1989)2月2日

⑱ 発 明 者	石 田	哲 朗	東京都港区芝5丁目33番8号	三菱自動車工業株式会社内
⑱ 発 明 者	団 野	喜 朗	東京都港区芝5丁目33番8号	三菱自動車工業株式会社内
⑱ 発 明 者	梅 井	一 英	東京都港区芝5丁目33番8号	三菱自動車工業株式会社内
⑱ 発 明 者	安 東	弘 光	東京都港区芝5丁目33番8号	三菱自動車工業株式会社内
⑱ 発 明 者	三 林	大 介	東京都港区芝5丁目33番8号	三菱自動車工業株式会社内
⑲ 出 願 人	三菱自動車工業株式会 社		東京都港区芝5丁目33番8号	
⑳ 代 理 人	弁理士 光石 英俊		外1名	

明 細 書

1. 発明の名称

火花点火内燃機関の燃焼制御装置

2. 特許請求の範囲

- (1) 火花点火内燃機関の燃焼室内の燃焼に伴って変化する燃焼物理量を検出する燃焼物理量検出手段と、

この燃焼物理量検出手段からの検出信号に基づいて熱発生率の変化状況を演算する演算手段と、

当該火花点火内燃機関における熱発生率の変化状況を記憶した記憶手段と、

当該火花点火内燃機関の気筒部の振動加速度を検出する振動加速度検出手段と、

前記記憶手段に記憶された熱発生率の変化状況と前記演算手段によって求められた熱発生率の変化状況とを比較することにより当該火花点火内燃機関の燃焼状態を判定して最適な燃焼状態を得るべく燃焼制御を行う一方、前

記振動加速度検出手段の検出結果からノッキング状態を判定してこのノッキング状態を回避すべく燃焼制御を行う燃焼制御手段と、を具えたことを特徴とする火花点火内燃機関の燃焼制御装置。

- (2) 火花点火内燃機関の燃焼室内の燃焼に伴って変化する燃焼物理量を検出する燃焼物理量検出手段と、

この燃焼物理量検出手段からの検出信号に基づいて熱発生率と相関関係にある物理量の変化状況を演算する演算手段と、

当該火花点火内燃機関における前記物理量の変化状況を記憶した記憶手段と、

当該火花点火内燃機関の気筒部の振動加速度を検出する振動加速度検出手段と、

前記記憶手段に記憶された物理量の変化状況と前記演算手段によって求められた物理量の変化状況とを比較することにより当該火花点火内燃機関の燃焼状態を判定して最適な燃焼状態を得るべく燃焼制御を行う一方、前記振

動加速度検出手段の検出結果からノッキング状態を判定し、このノッキング状態を回避すべく燃焼制御を行う燃焼制御手段と、を具えたことを特徴とする火花点火内燃機関の燃焼制御装置。

3. 発明の詳細な説明

<産業上の利用分野>

本発明は、火花点火内燃機関の燃焼状態を最適に保ちつつ、ノッキング状態となった場合にはこれを速やかに解消する燃焼制御装置に関する。

<従来の技術>

火花点火内燃機関（以下、単に機関と称す）における正常な燃焼は、点火プラグから与えられる火花によって混合気の一部が着火されて火炎が発生し、更にその火炎が混合気内を伝播することにより進行する。ところが、点火時期の過遅角などによって機関がノッキング状態になると、燃焼途中における未燃焼部分の混合気が断熱圧縮などによる温度上昇の

（Gセンサ）を取り付け、ノッキングに伴う機関の振動加速度を検出することによって、最大トルクを引き出しつつノッキングの発生を抑えるような点火時期制御（遅角および遅角）を行っていた。制御の具体的手順としては、まず点火時期を徐々に遅角させて行って、ノッキングが発生した瞬間に所定量の遅角を行い、その後ノッキングが再び発生するまでの遅角を行うのが一般的であり、これを機関運転中に常時繰り返すのである。

<発明が解決しようとする課題>

機関の振動加速度を検出してノッキングの発生を抑える従来の方法には以下のような不具合があった。

実際にノッキングが発生しないかぎり常に点火時期を遅角させていくため、瞬間的なノッキングはある間隔で必ず起こることになり、機関保護の見地から問題となっていた。また、この瞬間的なノッキングの発生頻度を少なくするためにはノッキング発生時の遅角量を大

ために火炎の伝播を待たず自己着火し、一時に燃焼する。この燃焼は急激に起こるために燃焼室内では圧力および温度が急上昇すると共に衝撃波が発生し、機関各部の機械的振動や点火プラグ、ピストンなどの過熱・溶損を生じる。したがって、ノッキングは機関にとって最も有害な現象の一つとして、点火時期制御（点火時期の遅角）などによる発生防止が図られている。

ところが、一方で機関から最大のトルクを引き出せる点火時期、いわゆるMBT (Minimum Spark Advance for Best Torque) は、周知のようにノッキングを発生させる点火時期の近傍にある。そのため、トルクの増大を図るべく進角量を多くとるとノッキングの発生頻度が高くなり、逆にノッキングを抑えるべく小さくとるとトルクの低下がもたらされる。

そこで、従来の機関ではレリングブロックなどに振動加速度検出手段たるノックセンサ

を設ける必要があり、性能の面からも改善が望まれていた。

本発明は上記状況に鑑みなされたもので、ノッキングを未然に防止しながら機関から高トルクを取り出す一方、実際にノッキングが発生した場合にはこれを速やかに収束させることのできる燃焼制御装置を提供することを目的とする。

<課題を解決するための手段>

本発明者等は機関から最大トルクを引き出しつつ確実にノッキングを防止しえる方法について研究し、種々の実験を行ったところ、ノッキングの発生条件近傍において特異な現象を発見した。すなわち、ノッキング発生条件近傍においてはノッキングが発生しないにもかかわらず燃焼速度が速くなり、第3図(a)に示すようにこの際の熱発生率の変化（一点鎖線で示す）が通常の燃焼時（破線で示す）に比べて急激になるのである。この原因は次のように考えられる。

通常の燃焼時における化学反応は、第1の過酸化反応、第2の冷炎反応（ホルムアルデヒド反応）、第3の熱炎反応の各段階を経て行われる。これらの段階のなかで過発的反応を示すのは第3段階の熱炎反応であり、過酸化反応と冷炎反応は燃料中の炭化水素がまずホルムアルデヒドやOH、HO₂などの高エネルギーの遊離基に分解される前駆反応である。

ノッキング発生条件近傍においては、燃焼室内の未燃焼領域で高圧、高温のために第1、第2段階の前駆反応が進行しており、通常より高エネルギーの遊離基が多い化学的に活性化された状態となっている。したがって、そこに火炎面が到達すると、前駆反応に要する遅れなしで直ちに熱炎反応が起こり、火炎速度ひいては熱発生率が高くなるのである。

これらの事実から、本発明者等には以下のことが解った。すなわち、なんらかの手段によって熱発生率の変化を知ることができれば、

円滑なる運転状態を実現することである。

この課題を解決するために、本発明では燃焼物理量検出手段により検出された燃焼物理量から熱発生率あるいは熱発生率と相関関係にある物理量の変化状況を演算し、これを予め求めておいた値と比較することにより燃焼状態を判定して最適燃焼状態を得るべく燃焼制御を行う一方、振動加速度検出手段の検出結果からノッキング状態を判定してこのノッキング状態を回避すべく燃焼制御を行うことを特徴とする燃焼制御装置を提案するものである。

<作 用>

上述のように、ノッキング発生直前の状態と正常燃焼時とでは熱発生率変化状況に大きな相違があるが、筒内圧の変化率などの物理量も燃焼に伴って変化するため、その変化状況も同様に相違する。

したがって、本発明ではまず筒内圧センサなどの燃焼物理量検出手段によって検出され

ノッキング寸前の状態を検知することが可能となり、その時点で点火時期の遅角を行えば、ノッキングが未然に防止される。そして、その際の遅角量は、ノッキングが実際には起こっていないため、従来の方式に比べ少量で済み、点火時期を常にMBTの近傍に設定することが可能となるということである。

ところが、以上述べたようないわゆる予測制御を行っても、急激な負荷が機関に掛かるなど運転状況が激変するような場合には、現実にノッキングが発生してしまうことがあった。そして、熱発生率の変化からノッキング寸前の状態を演算する方式の場合には、車載の制御装置の能力では演算処理に時間が掛かり、この突発的なノッキングに素早く対応することができないという欠点があった。

本発明は上記知見に基づき完成されたもので、その目的とするところはノッキングの未然なる防止を図りながら高トルクを得る一方、突発的なノッキングには速やかな対処を図り、

た筒内圧などの燃焼物理量の変化から熱発生率や上記物理量の変化状況を演算し、この変化状況を予め試験などにより求めておいたノッキング発生直前の変化状況と比較する。そして、これがノッキング発生直前の状態である場合には点火時期の適宜な遅角などを行うことにより、ノッキングしない範囲で最適運転状態が得られるような燃焼制御を行う。

その一方、本発明ではこの燃焼制御と並行して振動加速度検出手段（Gセンサ）によるノッキング状態の監視も行う。そして、現実にノッキングの発生が検知された場合には、上記燃焼制御を中断して、速やかに点火時期の所定量の遅角などを行い機関の保護を図る。

<実 施 例>

本発明の二つの実施例を図面に基づき具体的に説明する。これらの実施例は共に熱発生率あるいは筒内圧変化率（以下、熱発生率で代表する）の立下がり領域の状況に基づき燃焼状態を判定するもので、第1実施例は立下

がり領域の状況を熱発生率の移行に要する時間としたものであり、第2実施例はそれを立下がりの傾き量としたものである。これらの実施例におけるハードウェアの構成は同一であり、ソフトウェアにも同一部分があるため、同一部分は第1実施例で説明する。

第1図には第1および第2実施例に共通のハードウェアを模式的に示し、第2図には両実施例の共通部分のフローチャートを示してある。また、第3図(a)、(b)、(c)にはそれぞれ第1実施例におけるクランク角と熱発生率とのグラフ、ブロック図、フローチャートを示し、第4図(a)、(b)、(c)にはそれぞれ第2実施例におけるクランク角と熱発生率のグラフ、クランク角と熱発生変化率とのグラフ、ブロック図を示してある。そして、第5図(a)、(b)にはそれぞれ筒内圧の2階微分値を得るためのブロック図とその手順のフローチャートを示してある。

センサ4はアンプ12、マルチプレクサ13、ローパスフィルタ14を介して、Gセンサ6はアンプ15を介して、またクランク角センサ8は直に、ECU11に接続しており、ECU11に筒内圧と振動加速度とクランク角の信号をそれぞれ出力する。ECU11には、この他に吸気系や排気浄化装置などに関連する多数の機器が接続し、エンジン1の集中制御を行うが、煩雑になるため、これらの機器に関する記載は省略する。

以下、本実施例の作用を第2図と第3図を用いて説明するが、詳細な説明に先立ち本実施例における制御の概要を述べる。

第3図(a)に示すように、通常燃焼時における熱発生率(破線で示す)に比べ、ノッキング寸前の状態やノッキング時における熱発生率(それぞれ、一点鎖線と実線で示す)は、その立下がり方が大きく変化している。したがって、熱発生率の最大値から燃焼完了までの立下がり領域における熱発生率の変化割合

第1実施例

第1図には実施例に係る制御システムのハードウェアを簡略に示す。図中、1は自動車用の4サイクル4気筒ガソリンエンジン(以下、エンジン)であり、各気筒の燃焼室2には点火プラグ3のほか燃焼物温度検出手段たる筒内圧センサ4が取り付けられ、レリングブロック5には振動加速度検出手段たるGセンサ6が取り付けられている。筒内圧センサ4とGセンサ6はともに圧電素子を組み込んだものであり、それぞれ気筒内の圧力とレリングブロック5の振動加速度を電荷に変換して出力する。一方、フライホイール7にはクランク角センサ8が隣接して設けられており、エンジン1のクランク軸が単位角度(例えば、1°)回転する毎に信号が出力される。

点火プラグ3は点火コイル9、パワートランジスタ10を介して電子式制御ユニット(以下、ECU)11に接続しており、このECU11により駆動制御される。筒内圧セ

をある基準で判別すれば、ノッキング寸前の状態か否かを検知することができる。そして、この検知結果を用いれば、点火時期を負荷状態やガソリンのオクタン価などに応じた最適な値に保つことができる。

本実施例では熱発生率の立下がり領域すなわち、その最大値から燃焼完了までのクランク角度を立下がり時間 $|\theta_{100}-\theta|$ として検出して、この検出値を絶対設定値(エンジンの種類により異なる)と比較することで判定するようにした。

第3図(a)においてエンジン1が回転するとまず、クランク角センサ8によりクランク角 θ が検出され、筒内圧センサ4により各気筒の筒内圧 P が検出される。

次に、ECU11内では、第3図(b)に示すように、熱発生率演算手段16により下記の手順で熱発生率 $dQ/d\theta$ が演算される。

次に、下記の通り、熱発生量 dQ および内部エネルギー増分 du を求める各演算式と状態

方程式とを用いて演算を行う。

$$dQ = G \cdot du + A \cdot P \cdot dV \quad \dots (1)$$

$$du = C_v \cdot dT = \frac{A \cdot R}{k-1} \cdot dT \quad \dots (2)$$

$$PV = G \cdot R \cdot T \quad \dots (3)$$

但し、Gは燃焼ガス量、

Aは仕事の熱当量、

Rは気体定数、

C_vは定容比熱、

kは比熱の比、

Tは絶対温度である。

(1), (2), (3)式より

$$\begin{aligned} dQ &= \frac{G \cdot A \cdot R}{k-1} dT + A \cdot P \cdot dV \\ &= \frac{G \cdot A \cdot R}{k-1} \cdot \frac{P \cdot dV + V \cdot dP}{G \cdot R} + A \cdot P \cdot dV \\ &= \frac{A}{k-1} (P \cdot dV + V \cdot dP + k \cdot P \cdot dV - P dV) \\ &= \frac{A}{k-1} (V \cdot dP + k \cdot P \cdot dV) \end{aligned}$$

従って、熱発生率 ($dQ/d\theta$) は以下の通りである。

$$\frac{dQ}{d\theta} = \frac{A}{k-1} (V \cdot \frac{dP}{d\theta} + k \cdot P \cdot \frac{dV}{d\theta}) \quad \dots (4)$$

ところで、燃焼行程 (上死点～上死点後 50°) では $\frac{dV}{d\theta} \ll \frac{dP}{d\theta}$ であるから、上式は次のように近似できる。

$$\frac{dQ}{d\theta} \approx \frac{A V}{k-1} \cdot \frac{dP}{d\theta}$$

すなわち、熱発生率は燃焼物理量たる筒内圧の1階微分値で近似できるのである。したがって、熱発生率自体ではなく筒内圧の変化率を演算するようにして、リアルタイム制御に要求される演算制御の迅速性を確保するようにしても良い。

尚、上述したようにして、熱発生率を演算する際には、ノッキング等による高周波振動成分をフィルタでカットすることが望ましい。つまり、指圧線図にはいつでも高周波の振動成分が重畳しており、この振動成分をカットすることにより、熱発生率の変化状態が第3図(a)に示したように単純化されるのである。そのため、本実施例ではフーリエ級数形のロ

ーパスフィルタ14が用いられている。このタイプのフィルタは実時間性 (応答性) が高いために車載用として適しているが、直接FFT法やスプライン関数法を用いたタイプを用いてもよい。

引き続き、第3図(b)に示すように、ECU9内の立下り時間演算手段17により、予め検出された、熱発生率が最大値を示すクランク角 θ_{100} と燃焼完了のクランク角 θ_0 とに基づいて立下り時間 $|\theta_{100} - \theta_0|$ を演算する。

次に、このようにして、算出された立下り時間 $|\theta_{100} - \theta_0|$ をECU11内の判別手段18が絶対設定値と比較してノッキング寸前の状態にあるか否かを判定する。

そして、ノッキング寸前の状態にある場合は、次に余分に進角している度合 (α°) を算出し、点火時期を α° 進角させる。また、ノッキングに対して余裕がある場合には、最適点火時期に対する進角の度合 (β°) を算出し、点火時期を β° 進角させる。ここで、上記 α°

と β° を十分小さな一定値として1サイクルごとに徐々に遅角もしくは進角させていく方法を採用してもよい。

尚、算出された立下り時間 $|\theta_{100} - \theta_0|$ に基づく燃焼状態の判定方法としては、上述した絶対設定値との比較の他に、熱発生率の最大値に対する比や燃焼状態の安定した熱発生率の立上り領域でのあるクランク角 θ_{n1} からあるクランク角 θ_{n2} までの時間 $|\theta_{n1} - \theta_{n2}|$ に対する比で判定しても良い。また、熱発生率の最大値や燃焼状態の安定した領域での基準時間 $|\theta_{n1} - \theta_{n2}|$ は、複数のデータを処理して求めた平均値としても良い。さらに、上記比率の判定レベルは運転条件によって変る、マップ化された値でも良い。

一方、本実施例では上記点火時期制御と並行して、Gセンサ6によるノッキングの検出を行っている。そして、ノッキングが検出された場合には上述の燃焼制御を一時的に中断し、第2図のフローチャートに示すように、

異常判定信号を出力する。

異常判定信号が出力された場合、本実施例では点火時期を無条件に所定値 γ^* 遅角させるが、その他の燃焼制御手段を駆動するようにしてもよい。例えば、EGR装置が設けられている場合には開弁時間を増大させてEGR量を増加させてもよいし、排気タービン付き機関の場合にはウエストゲートを開くなどにより過給圧を逃がすようにしてもよい。

第2実施例

第2実施例は、熱発生率の立下り領域における負の最大傾き量を、熱発生率の変化率($d^2Q/d\theta^2$)により検出して、この検出値を前述したように絶対設定値と比較するなどして判定するようにしたものである。なお、本実施例では上記検出値の判定を熱発生率変化率の正の最大値に対する比でも行うことができる。

具体的には、ECU 11内に設けられた熱発生率変化率演算手段19によって、先ず熱

次いで、筒内圧1階微分演算手段21がメモリ20から*i*回時の1回前のサンプリングの際の筒内圧 P_{i-1} を読み出し、 P_{i-1} と*i*回時の筒内圧 P_i の両者から、単位角度当りの変化率を演算して $dP_i/d\theta$ とする。そして、*i*回時の筒内圧 P_i およびその変化率 $dP_i/d\theta$ をメモリ20に記憶させる。この後、筒内圧2階微分演算手段22がメモリ20から1回前の $dP_{i-1}/d\theta$ を読み出し、 $dP_{i-1}/d\theta$ と*i*回時の $dP_i/d\theta$ の両者から、単位角度当りの変化率を演算して $d^2P_i/d\theta^2$ とする。 $d^2P_i/d\theta^2$ はメモリ20に記憶される。

このようにして求めた筒内圧の2階微分値により熱発生率の変化率を近似すると簡便となるが、前述した(5)式により厳密に求めるようにしても良い。

そして、熱発生率の最大値とその時のクランク角 θ_{100} とを検出するとともに燃焼完了のクランク角 θ_0 を検出した後、熱発生率の立下り領域内で熱発生率変化率の最小値を検出す

熱発生率の変化率($d^2Q/d\theta^2$)を筒内圧の2階微分で近似して求める(第4図(b)参照)。

即ち、前述した(4)式より熱発生率の変化率は以下の通りとなる。

$$\begin{aligned} \frac{d^2Q}{d\theta^2} &= \frac{d}{d\theta} \left(\frac{dQ}{d\theta} \right) \\ &= \frac{A}{k-1} \cdot \left\{ V \cdot \frac{d^2P}{d\theta^2} + (k+1) \frac{dP}{d\theta} \cdot \frac{dV}{d\theta} + k \cdot P \cdot \frac{d^2V}{d\theta^2} \right\} \dots (5) \end{aligned}$$

ここで、燃焼行程(上死点～上死点後50°)では $\frac{dV}{d\theta} \ll \frac{dP}{d\theta}$ であるから、上式は次のように近似できる。

$$\frac{d^2Q}{d\theta^2} \approx \frac{AV}{k-1} \cdot \frac{d^2P}{d\theta^2}$$

つまり、熱発生率の変化率は筒内圧の2階微分で近似できる。

筒内圧の2階微分を求める装置及び手段は第5図に示す通りである。

即ち、十分に短いサンプリング周期を用いて筒内圧センサ4より*i*回時にサンプリングされた筒内圧 P_i を検出すると共にクランク角センサ8によりクランク角 θ を検出する。

る。その他の構成及び作用は第1実施例と同様である。

尚、上記実施例にて、熱発生率変化率演算手段19において、上述した熱発生率の立下り領域内の熱発生率変化率のみを演算すれば、演算時間を短縮できて好適である。この場合、熱発生率変化率の最小値を検出領域から外れている熱発生率変化率の最大値と比較できないことは言う迄もない。

以上で実施例の説明を終えるが、本考案はこれらの実施例に限るものではなく、第1実施例や第2実施例において、熱発生率の変化率が比較的少ない部分をカットオフして、例えば熱発生率の最大値に対して50%の熱発生率を示すクランク角 θ_0 から10%の熱発生率を示すクランク角 θ_1 までを検出領域とするようにしてもよい。

また、これまで時間をクランクの回転に要した期間($|\theta_0 - \theta_1|$)として論じてきたが絶対時間(ms, etc)を用いて判定しても

よい。いずれの場合も判定値は回転数等条件ごとに変えることが望ましい。

また、上述の実施例では熱発生率あるいは筒内圧を用いて燃焼状態を判定するようにしたが、前述したように輝線スペクトルなど他の燃焼物理量を用いて判定するようにしてもよい。

<発明の効果>

以上説明したように、本発明の火花点火内燃機関の燃焼制御装置によれば、熱発生率あるいは熱発生率と相関関係にある物理量のような燃焼の直接の現象から燃焼状態を判定して点火時期制御を行うようにしたため、ノッキングを未然に防止しつつ動力性能や燃費を良好に保つ制御が行える。そして、その一方、突発的にノッキングが発生してしまった場合には、これをGセンサにより検出し、速やかに解消すべく燃焼制御を行うため、機関の保護も高いレベルで図られる。

17は立下がり時間演算手段、

18は判別手段、

19は熱発生率変化率演算手段、

20はメモリ、

21は筒内圧1階微分演算手段、

22は筒内圧2階微分演算手段である。

特許出願人

三菱自動車工業株式会社

代理人

弁理士 光石英俊

(他1名)

4. 図面の簡単な説明

第1図は第1および第2実施例のハードウェアを示す模式図であり、第2図は両実施例の共通部分のフローチャートである。また、第3図(a)、(b)、(c)はそれぞれ第1実施例におけるクランク角と熱発生率とのグラフ、ブロック図、フローチャートであり、第4図(a)、(b)、(c)はそれぞれ第2実施例におけるクランク角と熱発生率のグラフ、クランク角と熱発生率変化率とのグラフ、ブロック図である。そして、第5図(a)、(b)はそれぞれ筒内圧の2階微分値を得るためのブロック図とその手順を示すフローチャートである。

図 中、

1はエンジン、

4は筒内圧センサ、

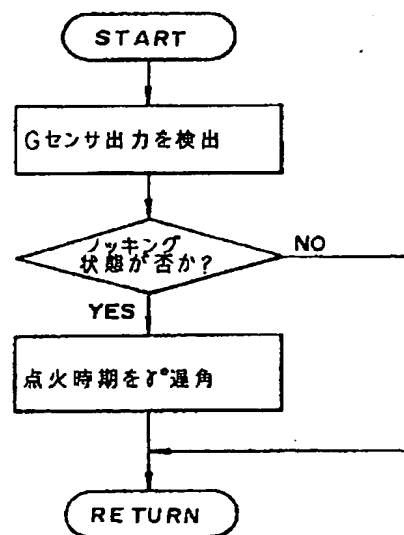
6はGセンサ、

8はクランク角センサ、

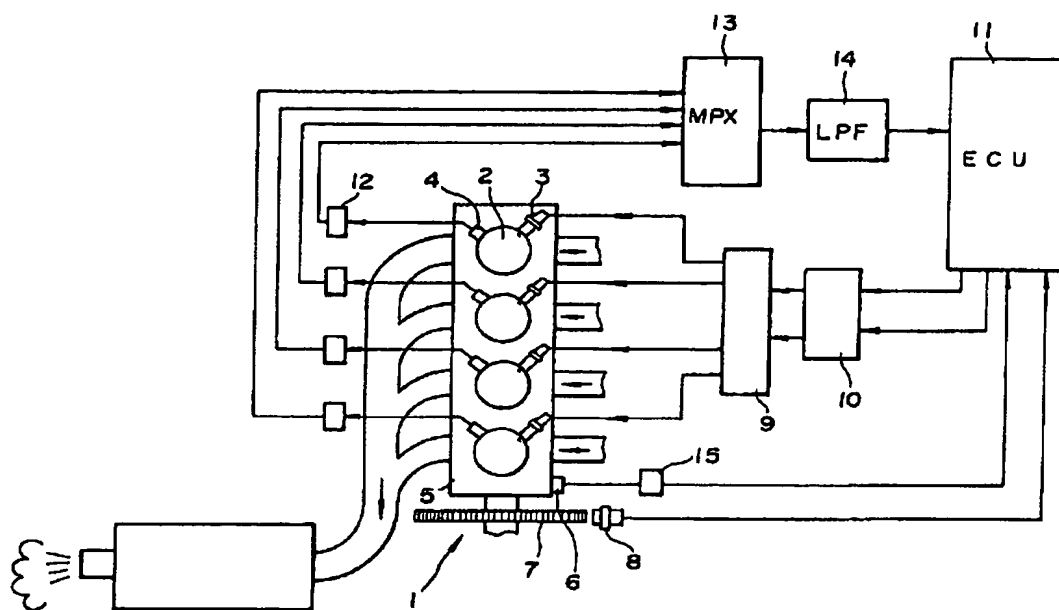
11はECU、

15は熱発生率演算手段、

第2図

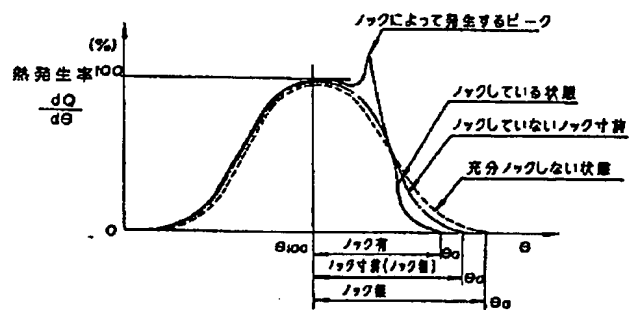


第 1 図

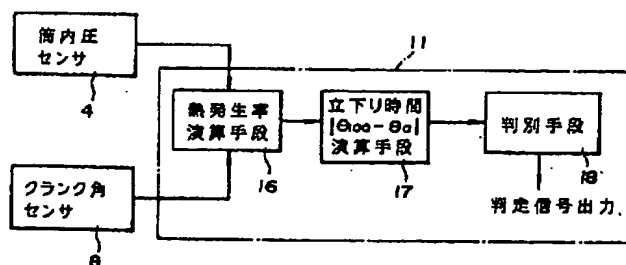


第 3 図

(a)

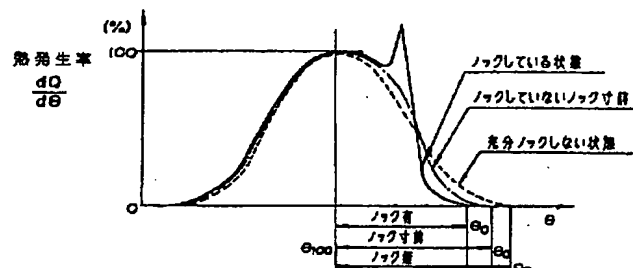


(b)

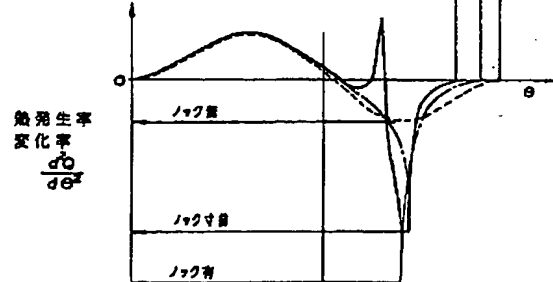


第 4 図

(a)

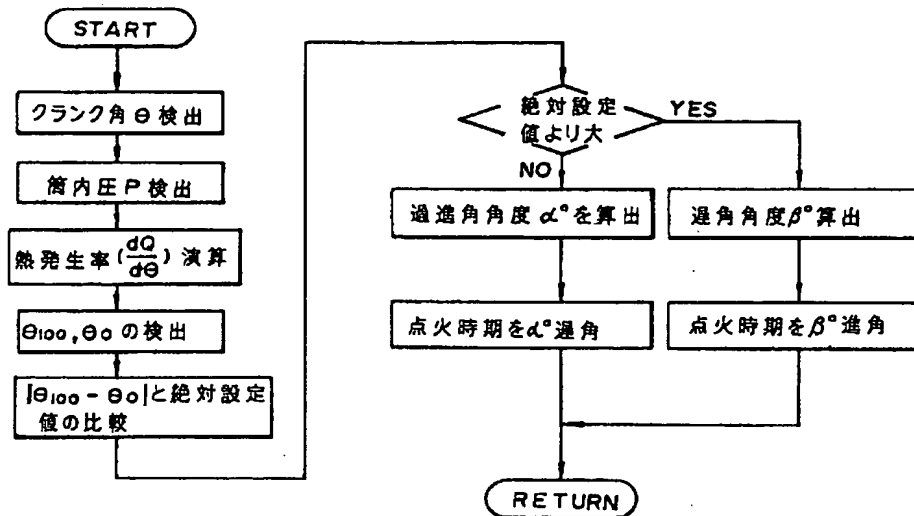


(b)



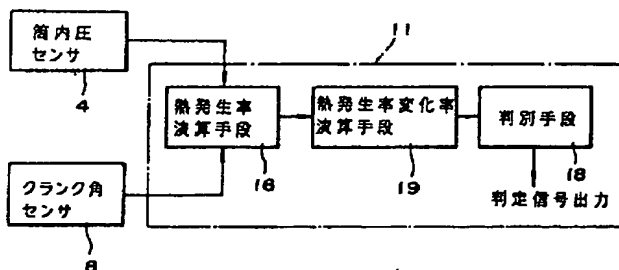
第 3 図

(c)



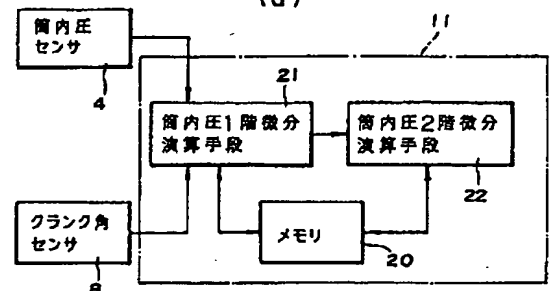
第 4 図

(c)



第 5 図

(a)



(b)

